

**ANALISIS *SCANNING ELECTRON MICROSCOPE* (SEM) DAN  
*ENERGY-DISPERSIVE XRAY SPECTROSCOPY* (EDX) PADA  
PENGELASAN BRAZING ALUMINIUM SERI 6061 DENGAN  
*FILLER ALUSOL* DAN LOKAL**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Oleh :**

**RYAN EKO NUGROHO  
D200150220**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2020**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS *SCANNING ELECTRON MICROSCOPE* (SEM) DAN *ENERGY-DISPERSIVE XRAY SPECTROSCOPY* (EDX) PADA PENGELASAN BRAZING ALUMINIUM SERI 6061 DENGAN *FILLER ALUSOL* DAN LOKAL**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh:

**RYAN EKO NUGROHO**

**D 200 150 220**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen  
Pembimbing



**Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D**

HALAMAN PENGESAHAN




ANALISIS *SCANNING ELECTRON MICROSCOPE* (SEM) DAN *ENERGY-DISPERSIVE XRAY SPECTROSCOPY* (EDX) PADA PENGELASAN BRAZING ALUMINIUM SERI 6061 DENGAN *FILLER ALUSOL* DAN LOKAL

OLEH  
RYAN EKO NUGROHO  
D200150220

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Senin, 4 Februari 2020  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Tri Tjahjono, M.T.  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Dr. Ir. Ngafwan, M.T.  
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)   
(.....)   
(.....) 

Dekan



H. Sut Sunarjono, M.T., Ph.D.  
NIK. 682

#### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbeneran dalam pernyataan saya diatas, maka akan dipertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 14 Februari 2020

Penulis



**RYAN EKO NUGROHO**  
NIM. D200150220

# **PENGARUH VARIASI *WELD TIME* TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN BEDA MATERIAL PADA LAS TITIK ANTARA ALUMINIUM DAN *MILD STEEL* DENGAN MEDIA SERBUK *ZINC***

## **Abstrak**

Pada penelitian ini menggunakan hasil las brazing dengan standar pembuatan spesimen ASME IX, plat aluminium seri 6061 dengan filler alusol dan filler lokal. Sampel yang akan diuji merupakan potongan atau sisi dari hasil sambungan masing-masing spesimen. Sebelum dilakukan pemindaian dengan mesin foto SEM dan EDS, sample dipotong sesuai dengan ukuran pada mesin sem-edx. Melakukan pemindaian atau proses SEM dan EDS. Hasil pengujian SEM untuk filler alusol menunjukkan adanya butir pada base metal aluminium yang memiliki diameter rata rata sebesar 17.595  $\mu\text{m}$ , adanya hole atau porosity dengan diameter hole sebesar 8.26  $\mu\text{m}$ . Pada pengujian EDS di masing-masing spectrum unsur yang paling banyak adalah aluminium (Al). Ketika di spectrum 2 (filler), filler alusol mempunyai unsur selain aluminium yaitu unsur karbon (C), oksigen (O<sub>2</sub>), sedangkan filler lokal mempunyai unsur aluminium (Al), karbon (C), oksigen (O<sub>2</sub>), silikon (Si) dan unsur Seng (Zn).

**Kata Kunci:** Mematri, Aluminium, Scanning Electron Microscope, Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy

## **Abstract**

In this study using the results of welding brazed with ASME IX specimens making standards, aluminum plate 6061 series with alusol fillers and local fillers. The sample to be tested is a cut or side from the connection results of each specimen. Before scanning with SEM and EDS photo machines, the samples are cut to size on the sem-edx machine. Scan or process SEM and EDS. SEM test results for alusol fillers showed the presence of grains on an aluminum base metal which had an average diameter of 17,595  $\mu\text{m}$ , the presence of holes or porosity with a diameter hole of 8.26  $\mu\text{m}$ . In EDS testing in each spectrum the most element is aluminum (Al). When in spectrum 2 (filler), alusol fillers have elements other than aluminum, namely carbon (C), oxygen (O<sub>2</sub>), while local fillers have aluminum (Al), carbon (C), oxygen (O<sub>2</sub>), silicon (Si) elements and the element Zinc (Zn).

**Keywords:** : Brazing, Aluminum, Scanning Electron Microscope, Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Di dunia industri yang berkaitan dengan logam, banyak sekali proses – proses penyambungan logam. Salah satu proses penyambungan logam adalah las. Proses *brazing* merupakan teknologi las yang banyak digunakan dalam industri untuk

penyambungan material yang berbentuk pipa, lembaran atau pelat. *Brazing* menghasilkan ikatan metalurgi diantar muka logam induk dan logam pengisi. Menurut (Lucas Milhaupt, 2014) .

*Brazing* menghasilkan ikatan metalurgi diantar muka logam induk dan logam pengisi. Menurut (Lucas Milhaupt, 2014) Ikatannya dipengaruhi oleh beberapa hal :

- 1) Jarak (*gap*) yang benar.
- 2) Logam induk yang bersih.
- 3) *Fluks*.
- 4) Persiapan komponen yang akan disambung.
- 5) Proses *brazing*.
- 6) Pembersihan setelah disambung.

Aluminium memiliki sifat ringan dan harga lebih murah (Möller, Grden, Thomy, & Vollertsen, 2011). Dalam sebuah penelitian gesekan pengeboran dalam proses pembuatan lubang aluminium berkecenderungan untuk melekat pada permukaan alat. (Boopathi, Shankar, Manikandakumar, & Ramesh, 2013). Aluminium dan paduannya (aloy aluminium) memiliki film oksida yang kuat dan stabil di permukaannya. Hal ini menghambat pembasahan oleh solder cair. Untuk mengatasi hal ini mematri bisa dilakukan dengan menggunakan fluks aktif secara kimia yang mengandung klorida seperti NaCl, KCl, LiCl, dan juga sejumlah kecil fluoride. Karena konduktivitas termal dan ketahanan korosi yang baik, aloy aluminium banyak digunakan untuk perpindahan panas. Mengikuti perkembangan industri mobil, aplikasi paduan aluminium telah terus berkembang, dari komponen AC seperti kondensor dan evaporator (paling baru) radiator. (Sugiyama, 1989)

Berdasarkan uraian di atas penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil foto *Scanning Electron Microscop (SEM)* dan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS)*, digunakan untuk menganalisis struktur mikro guna mengetahui *formability* hasil penyambungan dengan metode *Torch Brazing* pada alumunium seri 6061 dengan *filler alusol* dan *filler* lokal menggunakan variasi jarak (*gap*) 0,1 mm dan 0,2 mm.

## **1.2 Rumusan Masalah**

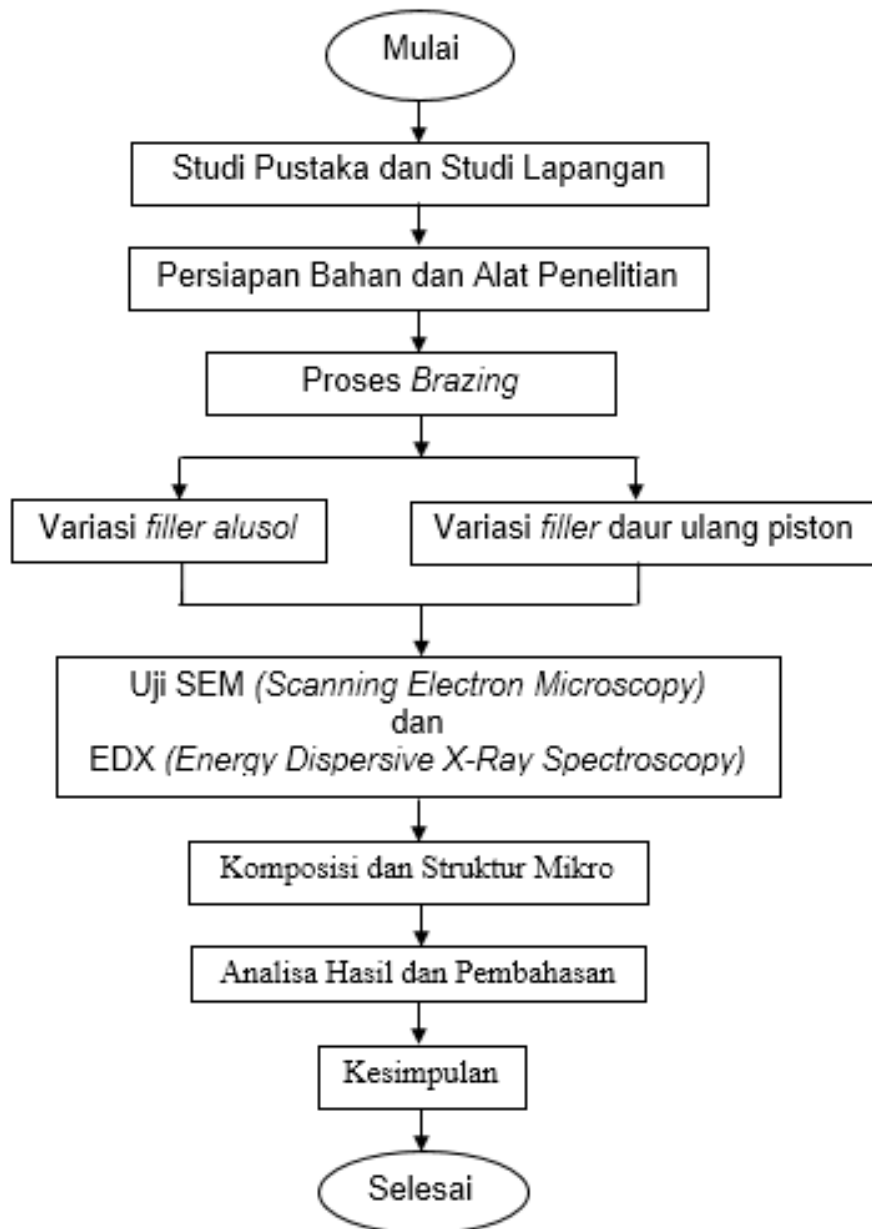
Bagaimana pengaruh perbedaan las *brazing* menggunakan plat alumunium seri 6061 dengan *filler alusol* dan *filler* dilihat dari hasil uji *Scanning Electron Microscop (SEM)* dan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS)* ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Mengetahui struktur mikro pada sambungan plat aluminium seri 6061 dengan *filler alusol* dan *filler* lokal SEM dan EDS.

## 2. METODE

### 2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 2.2 Alat dan Bahan Pengujian

- Bahan yang digunakan adalah hasil las *brazing* dengan menggunakan Aluminium seri 6061 dengan *filler alusol* lokal dan *alusol* tipe lembut yang telah dibuat oleh penelitian sebelumnya (Arianto, 2018). Alat *Scanning Electron Microscope*
- Alat yang digunakan untuk melakukan analisis struktur mikro dari spesimen hasil sambungan adalah *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang dilengkapi dengan system *Energi Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS), yang terdapat di Laboratorium.
- Gergaji besi digunakan untuk memotong bahan untuk pengujian SEM.
- Mesin amplas digunakan untuk membantu menghaluskan spesimen.

## 2.3 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan eksperimen untuk menganalisa pengaruh perbedaan *filler* terhadap hasil *Scanning Electron Microscope*. Metodologi yang digunakan sebagai berikut.

### 1) Studi Lapangan

Studi lapangan bertujuan untuk mengetahui informasi dipasaran mengenai material yang digunakan dalam penelitian dan mencari referensi mengenai pengujian dan alat yang digunakan.

### 2) Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka bertujuan untuk mencari landasan teori dan mencari referensi yang berkaitan dengan sambungan *brazing* dan mencari *standart – standart* pembuatan spesimen maupun pengujian melalui buku, jurnal dan situs internet.

### 3) Persiapan Alat dan bahan

Bahan yang digunakan adalah hasil las *brazing* menggunakan plat aluminium seri 6061 dengan *filler alusol* dan *filler* lokal serta variasi jarak (*gap*) 0,1 mm dan 0,2 mm. Bahan yang sudah dibingkai (*mounting*) kemudian dipotong dengan gergaji agar memudahkan dalam proses uji SEM dan EDX.

### Parameter Pengelasan

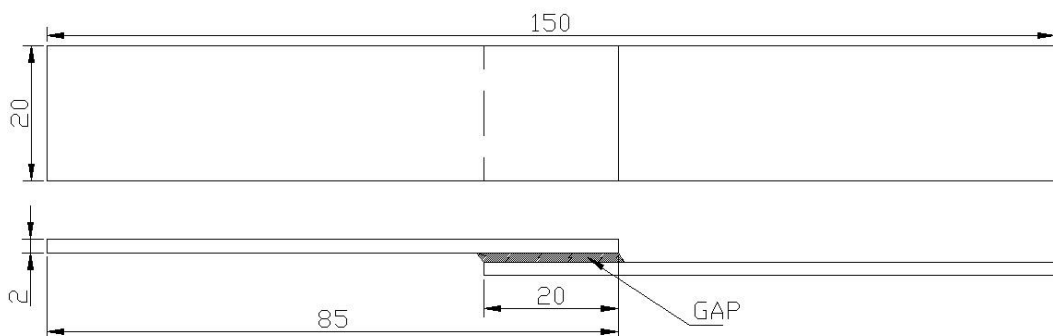
Melakukan proses pengelasan dengan parameter yang telah ditentukan, yaitu Tabel

### 1 Parameter Pengelasan



Tabel 1 Prameter Pengelasan

No	Parameter	
1.	Material	Aluminium seri 6061
2.	Tebal	2 mm
3.	Cara pengelasan	Las <i>Brazing</i>
4.	Tipe sambungan	<i>Lap joint</i>
5.	<i>Filler</i>	1. <i>Alusol</i> lokal 2. <i>Alusol</i> tipe lembut
6.	Variasi jarak pengelasan ( <i>gap</i> )	1. 0,1 mm 2. 0,2 mm
7.	Standar yang digunakan	Standar ASME IX



Gambar 2. Pemotongan spesimen standar ASME IX dengan variasi jarak (*gap*)  
(Arianto, 2018)

#### 4) Pengujian SEM dan EDX

Sampel yang akan diuji merupakan potongan atau sisi dari hasil sambungan masing – masing spesimen. Sebelum dilakukan pemiindaian dengan mesin foto SEM dan EDX. Sampel melalui beberapa langkah sebagai berikut:

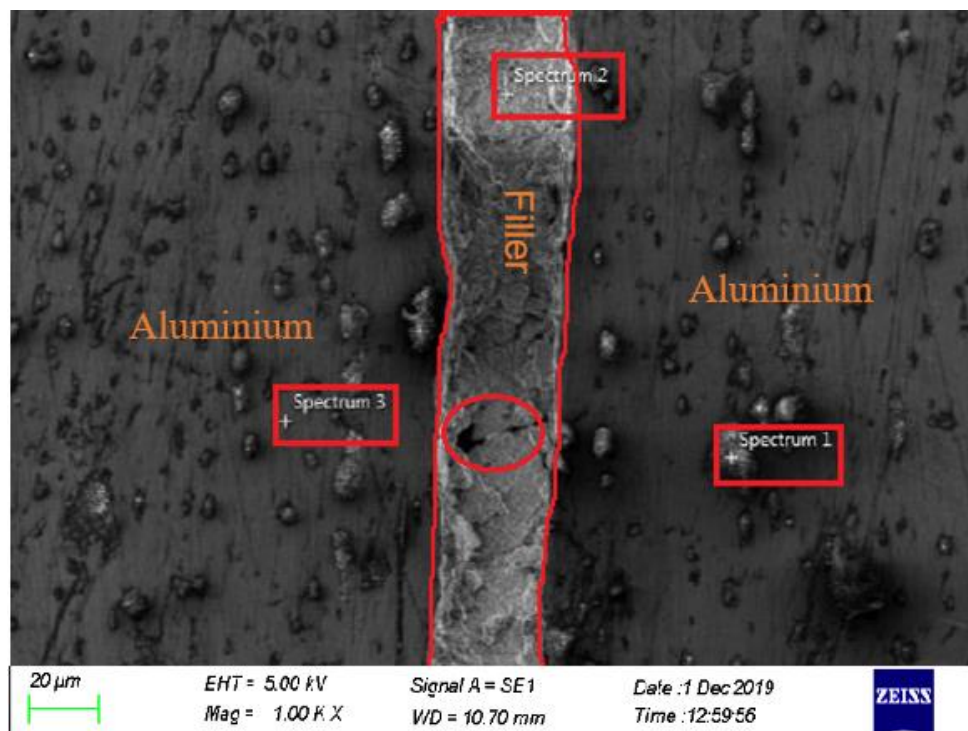
- Menyiapkan sampel yang akan diuji.
- Memotong sampel sesuai ukuran pada mesin foto SEM.
- Mengamplas bagian sampel yang akan diuji.
- Melakukan *coating* pada permukaan sampel yang akan diuji.
- Meletakkan sampel yang sudah siap diuji kedalam mesin foto SEM.
- Melakukan pemindaian atau proses SEM dan EDS.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisis Hasil Pengujian SEM dan EDX

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDS (*Energy Dispersive X-Ray*) dilakukan di laboratorium metalurgi Akademi Teknik Mesin Industri (ATMI) Surakarta .Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada penelitian ini bertujuan untuk melihat penggambaran struktur lapisan yang lebih jelas dengan skala perbesaran yang lebih besar. Selain itu dengan EDX juga dapat mengetahui unsur – unsur apa saja yang berada khususnya pada area *base metal* dan sambungan

#### 3.1 Analisis Hasil Pengujian SEM dan EDX untuk *Brazing* antara Aluminium dan Aluminium dengan *Filler Alusol*.



Gambar 3. Mikrograf SEM dari sambungan aluminium dan aluminium dengan *filler alusol* perbesaran 1000 kali

Pada gambar 3 mikrograf SEM/EDS menunjukkan hasil foto sem dengan perbesaran 1000x. Pada *spectrum 1* ditunjukkan memiliki unsur sebagai berikut:

Tabel 2. *Spectrum 1 filler alusol*

Spectrum 1				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
Al	K series	37.49	1.28	24.02
O	K series	31.76	1.10	34.32
C	K series	19.34	0.74	27.83
F	K series	2.33	0.20	2.12
Na	K series	0.58	0.10	0.44
B	K series	4.76	1.06	7.62
N	K series	2.86	0.44	3.53
Ag	L series	0.00	0.99	0.00

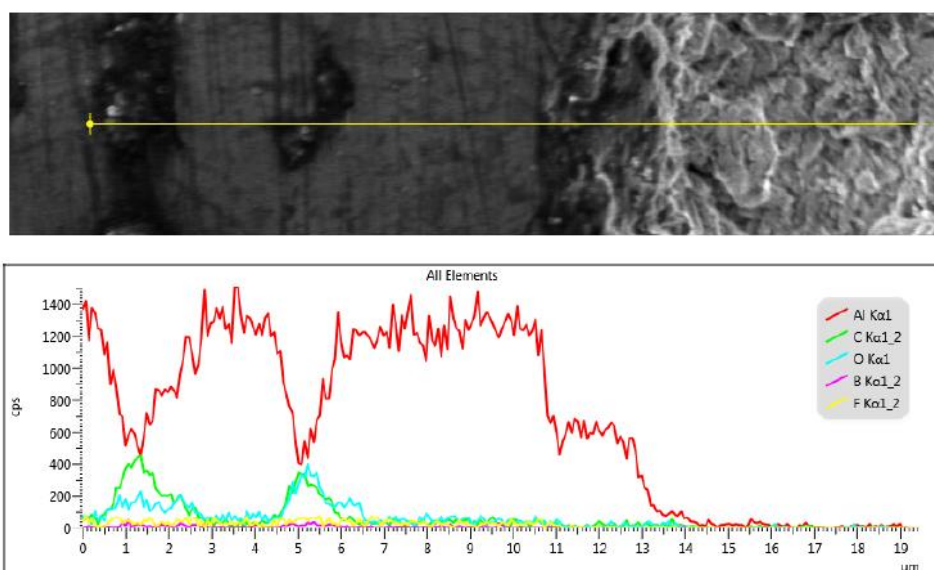
Tabel 3. *Spectrum 2 filler alusol*

Spectrum 2				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
Al	K series	83.71	0.61	71.49
C	K series	10.56	0.61	20.26
O	K series	5.73	0.24	8.25
Total		100.00		100.00

Tabel 4. *Spectrum 3 filler alusol*

Spectrum 3				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
Al	K series	100.00	0.00	100.00
Total		100.00		100.00

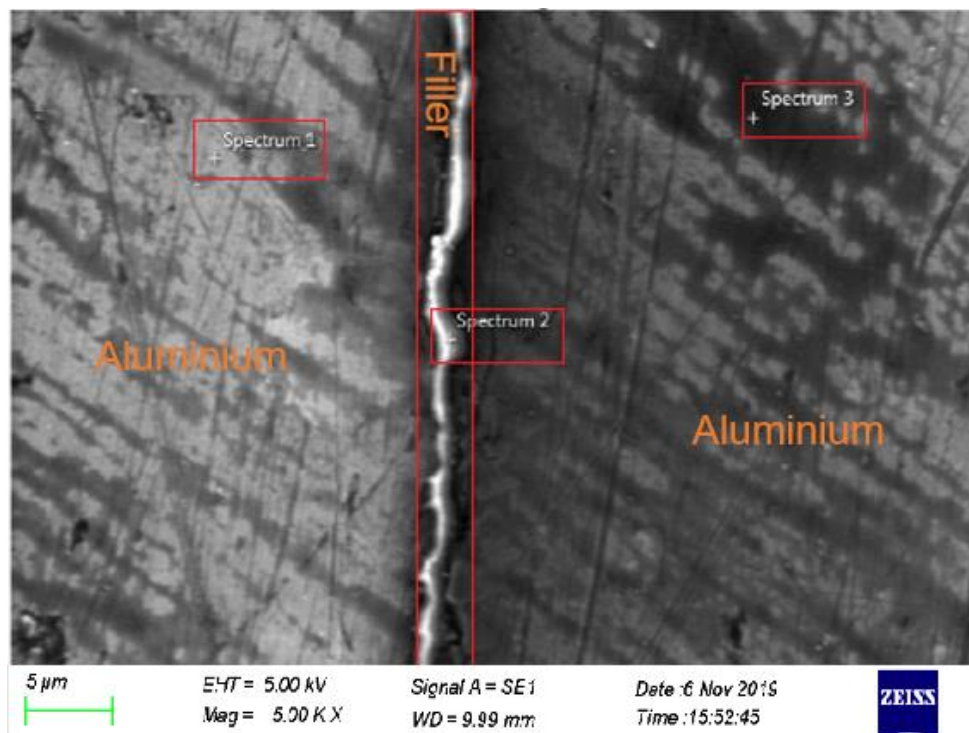
Gambar 3 mikrogram SEM/EDS menunjukkan adanya butir pada base metal aluminium yang memiliki diamtere rata rata sebsar 17.595  $\mu\text{m}$  dan pada butir tersebut memiliki unsur aluminium (Al) = 37.49%, oksigen (O) = 31.76%, karbon (C) = 19.34%, boron (B) = 4.76%, nitrogen (N) = 2.86%, fluor (F) = 2.33%, stibium (Sb) = 0.88%, natrium (Na) = 0.58% seperti *spectrum 1*. Pada daerah lingkaran merah menunjukkan adanya hole atau porosity dengan diamter hole sebesar 8.26  $\mu\text{m}$ .



Gambar 4. Mikrogram SEM untuk *line analysis* dengan *filler alusol*

Gambar 4. menunjukkan dimana proses dari *Line analysis* EDX diambil yaitu pada perbesaran 2500 kali. Menunjukkan unsur aluminium sangat mendominasi, aluminium (Al) akan menurun kurang lebih ke 500 cps ketika berada 1.3  $\mu\text{m}$ , dan karbon akan bertambah ke 500 cps disusul dengan bertambahnya oksigen (O) 200 cps, namun pada saat berada di 5  $\mu\text{m}$  oksigen dan karbon hampir sama di 500 cps. Pada saat melewati daerah *filler* atau berada di 14  $\mu\text{m}$  semua unsur yang didapat menurun hampir ke titik 0 cps.

### 3.2 Analisis Hasil Pengujian SEM dan EDX untuk *Brazing* antara Aluminium dan Aluminium dengan *Filler* Lokal.



Gambar 5. Mikrograf SEM dari sambungan aluminium dan aluminium dengan *filler* lokal perbesaran 5000 kali

Pada gambar 5 mikrograf SEM/EDS menunjukkan hasil foto sem dengan pembesaran 5000x. Pada *spectrum* 1 ditunjukkan memiliki unsur sebagai berikut:

Tabel 5 *Spectrum 1 filler lokal*

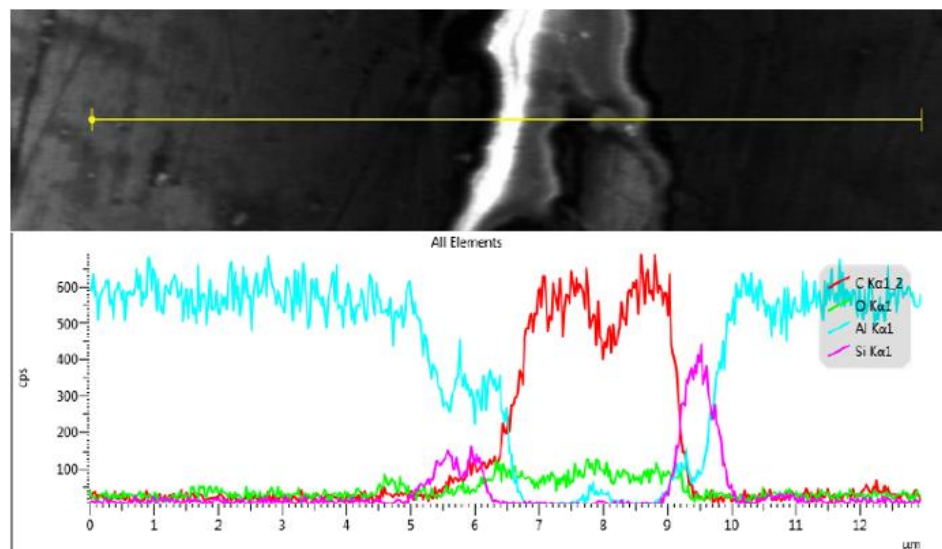
Spectrum 1				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
Al	K series	45.09	1.49	40.05
Si	K series	38.38	1.29	32.74
C	K series	10.94	0.49	21.84
O	K series	2.82	0.21	4.22
Zn	L series	1.50	0.22	0.55
Fe	L series	0.46	0.49	0.20
Se	L series	0.00	0.48	0.00
Ti	L series	0.82	3.12	0.41
Total		100.00		100.00

Tabel 6. *Spectrum 2 filler lokal*

Spectrum 2				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
C	K series	17.26	0.36	30.88
O	K series	8.17	0.22	10.97
Al	K series	61.05	0.43	48.62
Si	K series	11.64	0.29	8.91
Fe	L series	0.00	0.50	0.00
Se	L series	0.00	0.52	0.00
Zn	L series	1.88	0.23	0.62
Total		100.00		100.00

Tabel 7. *Spectrum 3 filler lokal*

Spectrum 3				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
C	K series	14.54	0.59	27.41
Al	K series	75.73	2.55	63.53
O	K series	4.95	0.27	7.01
Zn	L series	1.33	0.21	0.46
Se	L series	0.00	0.54	0.00
Fe	L series	0.52	0.50	0.21
Ti	L series	2.93	3.19	1.38
Total		100.00		100.00



Gambar 6. Mikrograf SEM untuk *line analysis* dengan *filler lokal*

Gambar 6. menunjukkan dimana proses dari *Line analysis* EDX diambil yaitu pada perbesaran 5000 kali. Menunjukkan unsur aluminium (Al) mendominasi, Ketika line analysis edx pada daerah *filler* atau 6.7  $\mu\text{m}$  sampai 9.3  $\mu\text{m}$  unsur karbon (C) meningkat sampai kurang lebih 600 cps, kemudian di daerah 9  $\mu\text{m}$  sampai 10  $\mu\text{m}$  unsur silikon (Si) naik sampai kurang lebih 400cps. Unsur karbon (C) turun ketika di 9.4  $\mu\text{m}$  dan unsur silikon turun di 10.1  $\mu\text{m}$ . Melewati daerah *filler* atau 9.7  $\mu\text{m}$  ,unsur aluminium kembali naik ke angka 600 cps.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan analisis maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

Hasil pengujian SEM untuk *filler alusol* menunjukkan adanya butir pada *base metal* aluminium yang memiliki diameter rata rata sebesar 17.595  $\mu\text{m}$ , adanya *hole* atau *porosity* dengan diameter *hole* sebesar 8.26  $\mu\text{m}$ . Pada pengujian EDS di masing-masing *spectrum* unsur yang paling banyak adalah aluminium (Al). Ketika di *spectrum 2 (filler)*, *filler alusol* mempunyai unsur selain aluminium yaitu unsur karbon (C), Oksigen (O<sub>2</sub>), sedangkan *filler lokal* mempunyai unsur aluminium (Al), karbon (C), oksigen (O<sub>2</sub>), silikon (Si) dan unsur Seng (Zn).

### 4.2 Saran

Dalam penelitian selanjutnya, penulis mempunyai beberapa saran yang mungkin dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian antara lain :

- 1) Memahami proses pengujian SEM dan EDS dengan benar-benar paham.
- 2) Mencari tempat pengujian yang dibolehkan ikut pada saat pengujian agar hasil pengujian dapat sesuai dengan apa yang diinginkan.

## DAFTAR PUSTAKA

Akhtar, K., Khan, S. A., & Khan, S. B. (2019). *Scanning Electron Microscopy : Principle and Applications in Nanomaterials Scanning Electron Microscopy : Principle and Applications in Nanomaterials Characterization*.

- Arianto, R. (2018). *Tugas akhir pengaruh material pengisi (filler) dan lebar celah pada sambungan brazing terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro.*
- Aulia, U. A. (2019). *Analisis Sem ( Scanning Electron Mycroscope ) Dan Foto Mikro Antara Sambungan AlumInium Seri 6 Dan Mild Steel Dengan Perlakuan Deep Etching. Analisis Sem ( Scanning Electron Mycroscope ) Dan Foto Mikro Antara Sambungan AlumInium Seri 6 Dan Mild Steel Dengan Perlakuan Deep Etching.*
- Boopathi, M., Shankar, S., Manikandakumar, S., & Ramesh, R. (2013). *Experimental Investigation of Friction Drilling on Brass , Aluminium and Stainless. Procedia Engineering.*
- Ernawan, N. (2019). *SAMBUNGAN ALUMINIUM DAN KUNINGAN.*
- Girão, A. V., Caputo, G., & Ferro, M. C. (2017). *Application of Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS). Comprehensive Analytical Chemistry,*
- Lucas Milhaupt. (2014). *Tips and techniques. Brazing Tips and Techniques.*
- Maman, S. (2001). *Teknik Mengelas Asetilin Brazing Dan Las Busur Listrik.*
- Möller, F., Grden, M., Thomy, C., & Vollertsen, F. (2011). *Combined Laser Beam Welding and Brazing P rocess for Aluminium Titanium Hybrid Structures,*
- Morrisette, P. (2013). *Brazing & Soldering.*
- Sugiyama, Y. (1989). *Brazing of aluminium alloys Brazing of aluminium alloys.*
- Surdia, T., & Saito, S. (1985). *Pengetahuan Bahan Teknik.*
- Wirjosumarto, H. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam.*
- Yoga, S. (2019). *Analisis Scanning Electron Microscope (Sem) Pada Pengelasan Brazing Antara Aluminium Seri 1000 Dan Stainless Steel Seri 304 Dengan Penambahan Serbuk Tembaga.*